MAX PLANCK

SIGNIFICATO E LIMITI DELLA SCIENZA ESATTA

ESSEN 1943

ESSENER VERLAGSANSTALT

La conferenza fu tenuta il 14-VI-42 nella Sezione di Storia della Cultura dell'Istituto della Kaiser Wilhelm Gesellschaft di Palazzo Zuccari a Roma

ALLE RECHTE VORBEHALTEN

Printed in Italy

Gennaio 1943-XXI - Stab. Tip. F.lli Stianti - Sancasciano Val di Pesa (Firenze)

Chi, in quest'epoca così densa di destino, si accinge a concentrarsi nello studio della questione dell'essenza e del significato della scienza esatta, penserà anzitutto al fatto che proprio in quest'anno ricorre per la trecentesima volta l'annuale della morte di quell'uomo che noi possiamo considerare con piena ragione come il rappresentante di questa scienza. Perchè Galileo non fu soltanto matematico e astronomo come Copernico e Keplero, ma fu nel contempo fisico e fu colui che introdusse per primo nella scienza l'esperimento a scopo ben definito, creando con ciò la sicura intelaiatura dell' investigazione. Poichè per penetrare nei segreti della natura non basta quel che risulta dalla semplice osservazione, occorre anche il coraggio e la capacità di forzare la natura stessa a determinate manifestazioni per mezzo di appropriati interventi.

A noi, che ci troviamo alle pendici del Pincio, la figura del Maestro appare molto avvicinata anche nello spazio. Perchè non molto lungi da qui ha avuto luogo quel processo che avrebbe dovuto perdere l'ardito ricercatore della verità, e che invece lo rese universalmente celebre; e nella vicina Villa Medici il condannato ha trascorso i primi tempi della sua prigionia.

Possa perciò il suo spirito esserci accanto in quest'ora, mentre ci accingiamo a gettare uno sguardo in quel territorio, il cui ingresso ci è stato dischiuso dal suo genio.

***

Scienza esatta — che cosa non racchiudono queste due parole! Esse destano la nozione di un grandioso edificio, formato da grossi blocchi squadrati, che contiene tutti i tesori della sapienza e con essi promette di realizzare l'aspirazione dell'umanità alla conoscenza, il definitivo scoprimento della verità. E siccome sapere significa anche potenza, così la conoscenza delle forze naturali conduce al dominio delle forze stesse per utilizzarle nelle direzioni desiderate.

Ma questo non è ancora tutto e non è il più importante. L'uomo non vuole soltanto conoscenza e potenza, vuole anche un indirizzo per la sua attività, una misura per ciò che ha valore e per ciò che non ne ha, vuole anche un' immagine dell'universo che gli garantisca il più alto benessere sulla terra, la pace dell'anima. E quando la religione non lo soddisfa, egli cerca un sostituto nella scienza esatta. Accenno soltanto a quelle tendenze di importanti filosofi, scienziati e indagatori della natura, che erano in auge una generazione fa e che fondarono la « società dei monisti ».

Oggi non si parla quasi più di quest' impresa, certo solidamente fondata e ricca di promesse. Vuol dire che c'era qualche cosa che non andava. E infatti quando guardiamo un po' più da vicino la costruzione della scienza esatta, sottomettendola alla prova, ci accorgiamo presto che l'edificio possiede un equilibrio pericolosamente instabile, e questa instabilità è nel fondamento sul quale esso poggia. Alla costruzione manca fin dall' inizio una base sicura contro tutte le tempeste esterne, ossia, in altre parole, non esiste per la scienza esatta alcun principio di valore generale e nello stesso tempo di contenuto così importante che possa servirle da base. In ogni campo essa si serve di unità di misura e di numeri, portando perciò con pieno diritto il suo fiero nome. Perchè noi dobbiamo considerare come infallibili le leggi della logica e della matematica. Ma la logica più stringata e il calcolo più severo non possono condurre ad

alcun risultato fruttuoso se mancano di una premessa sicuramente verificabile. Da niente non si può dedurre niente.

Nessun vocabolo ha prodotto nel mondo della cultura maggiori malintesi e confusioni che quello della « scienza senza presupposti ». A suo tempo Teodoro Mommsen creò questa parola per far risaltare che l' indagine scientifica deve mantenersi libera da ogni opinione preconcetta; ma questo non poteva e non doveva significare che l' indagine scientifica non avesse bisogno di alcun presupposto. A qualche punto essa deve ben collegarsi; tutta la questione sta nel fissare quel punto, il che ha già occupato i pensatori più profondi di tutti i tempi e di tutti i popoli, da Talete a Hegel, e ha messo in moto tutte le forze della fantasia e della logica umana, pervenendo tuttavia sempre al risultato che è impossibile dare una risposta assolutamente conclusiva. Forse la prova più impressionante di questo risultato negativo è data dal fatto che fino ad oggi non si è riusciti a trovare un panorama del mondo sul cui contenuto, almeno nei tratti principali, si trovino d'accordo tutti quegli uomini che hanno capacità di giudizio. Da ciò possiamo ragionevolmente trarre una conclusione, che cioè è sopratutto impossibile porre sin dall' inizio la scienza esatta sopra una base che abbia un contenuto definitivo.

Così fin dal principio della nostra domanda sul significato della scienza esatta urtiamo contro un ostacolo, il quale rappresenta una delusione per chiunque si occupi seriamente del progresso della conoscenza, e che ha portato molti pensatori critici nel campo degli scettici. Non basta; chè ancor più da deplorare è il fatto che vi siano molte persone le quali, per timore di cadere in uno scetticismo per essi insopportabile, si accostano a uno di quei profeti che in ogni tempo, il nostro non eccettuato, si presentano con un messaggio di salvezza con cui spesso raccolgono rapidamente un numero rilevante di discepoli entusiasti, salvo — quando il loro momento sia passato — a sparire dalla scena senza lasciare la minima traccia dietro di sè.

Esiste una via d'uscita da questo dilemma fatale? E dove la si può trovare? Questa è la prima questione, della quale dobbiamo occuparci. Tenterò di dimostrare che tale questione può essere risolta positivamente e che la soluzione ci dà la nozione del significato e dei limiti della scienza esatta; lascio al giudizio del lettore l'apprezzamento di tale soluzione.

***

Se tentiamo di stabilire un punto di partenza per la costruzione della scienza esatta che regga a ogni critica, dobbiamo cominciare a moderare le nostre esigenze. Non dobbiamo aspettarci di riuscire di colpo, attraverso un' idea felice, a raggiungere un principio di valore generale, dal quale si possa con metodo rigoroso sviluppare un completo sistema scientifico; ma dobbiamo tenerci paghi se perverremo a stabilire in qualunque maniera una verità che non possa essere intaccata da qualunque specie di scetticismo. In altre parole: dobbiamo portare i nostri sguardi non su quello che vorremmo sapere, ma anzitutto su quello che sappiamo con sicurezza.

Che cosa è, fra tutto ciò che sappiamo e che possiamo comunicarci, il più sicuro e che non ammette il menomo dubbio? A ciò non v'è che una sola risposta: è quello che noi proviamo col nostro corpo. E siccome la scienza esatta si occupa dell' investigazione del mondo esterno, così possiamo dire: sono le sensazioni che noi riceviamo dal mondo esterno per mezzo dei nostri organi del senso, vista, udito, ecc. Nessuno scettico può contraddire al fatto che noi vediamo, udiamo e sentiamo.

Si parla anche di inganni dei sensi, ma giammai nel significato che quelle sensazioni siano false o dubbiose. Se noi, per esempio, siamo tratti in inganno da una fata morgana, la colpa non sta nella nostra sensazione visiva che veramente esiste, bensì nella nostra facoltà di pensiero che trae una falsa conclusione dalla suddetta sensazione. L' impressione sensitiva è sempre data semplicemente e pertanto inattaccabile; quale

conclusione dobbiamo trarre da ciò è cosa della quale per il momento non ci occuperemo. Perciò il contenuto dell' impressione dei sensi è la base più solida per la costruzione della scienza esatta.

Se consideriamo l' insieme delle sensazioni come il mondo dei sensi, possiamo dire brevemente che la scienza esatta prende la sua origine dal mondo dei sensi. È il mondo dei sensi che, per così esprimersi, pone a disposizione della scienza esatta la materia prima per il suo lavoro.

Questo può sembrare un risultato molto magro. Perchè il contenuto del mondo dei sensi è in ogni caso soggettivo, ogni uomo ha i propri sensi, e i sensi dei singoli uomini sono molto differenti l'uno dall'altro; mentre per la scienza esatta si tratta di giungere a risultati oggettivi validi per tutti. Potrebbe perciò sembrare che la soluzione trovata non sia che una via falsa. Ma non dobbiamo giudicare troppo presto; perchè dimostreremo che avanziamo nella giusta direzione. La conclusione è che gli uomini non possono appropriarsi nel loro complesso e direttamente le conoscenze fornite dalla scienza esatta, ma debbono acquistarle singolarmente, passo per passo, con un lavoro penoso di anni e di secoli. Questo stato di cose può essere deplorato da qualcuno, ma ha anche i suoi lati buoni; in ogni modo non si può cambiare.

Se noi abbracciamo con lo sguardo il contenuto del nostro mondo dei sensi, questo contenuto si divide evidentemente in tanti campi quanti sono gli organi del senso, cioè per la vista, per l'udito, per il tatto, per l'odorato o per il gusto e per il calore. Questi campi sono diversi l'uno dall'altro e in linea di principio non esistono fra essi relazioni di alcun genere. Non vi è, a priori, alcun ponte fra la sensazione dei colori e quella dei suoni. Non v'è un' immediata parentela fra un dato colore e un dato suono, come taluni artisti asseriscono; si tratta bensì di una creazione attraverso esperienze personali, della facoltà di immaginazione riflessa.

Poichè la scienza esatta ha da fare con grandezze misura-

bili, vengono in prima linea quelle sensazioni che si possono misurare quantitativamente e cioè il mondo della vista, quello dell'udito e quello del tatto. Da questi la scienza prende i materiali per la sua investigazione, elaborandoli cogli strumenti del pensiero nutrito di logica, matematica e filosofia.

***

Qual è dunque il significato di questo lavoro scientifico? In poche parole esso è rappresentato dal compito di portare ordine e legge nella variopinta folla delle esperienze che ci vengono trasmesse dai diversi campi delle sensazioni — un compito che coincide perfettamente con quelle che noi stessi abitualmente compiamo ogni giorno nella nostra vita, fin dalla prima giovinezza, per orientarci nell'ambiente in cui viviamo; e con quello al quale gli uomini hanno sempre atteso, fin da quando cominciarono a pensare per difendersi nella lotta dell'esistenza. Non secondo la qualità bensì secondo il grado della finezza e della completezza si distingue il pensiero scientifico da quello comune abituale, press'a poco come la visione attraverso al microscopio differisce dalla visione a occhio nudo. Che ciò non possa essere diversamente risulta già semplicemente dal fatto che esiste una sola maniera di logica, e cioè che la logica scientifica non può, da dati presupposti, altro dedurre che quello che può dedurne la logica dell' incolto intelletto pratico.

Pertanto comprenderemo bene i risultati che la scienza ottiene col proprio lavoro quando penseremo a quelli che otteniamo con la nostra esperienza nella vita giornaliera. Se ripensiamo al nostro sviluppo personale e se riflettiamo dove siamo arrivati poco per volta, nel corso degli anni, nella nostra concezione del mondo, possiamo dire che cerchiamo di farci una rappresentazione pratica del mondo circostante sulla base delle esperienze fatte, che noi immaginiamo questo mondo circostante come popolato di oggetti che agiscono sui nostri organi di senso producendo in noi le diverse sensazioni.

Questa immagine pratica del mondo, che ciascuno di noi porta dentro di sè, non possiede però un carattere definitivo, perchè non ci è data completa fin dal principio, ma è stata elaborata, poco per volta, sulla base delle nostre esperienze, e cambia e si corregge a ogni nuova esperienza che facciamo dall' infanzia fino alla maturità, dapprima rapidamente, poi più lentamente.

La stessa cosa si può dire della immagine scientifica del mondo. Anche questa — ossia il cosiddetto mondo fenomenologico — non è nulla di definitivo, ma è sempre in stato di mutamento e miglioramento, distinguendosi dall' immagine pratica del mondo della vita giornaliera non per la qualità, ma soltanto per la sua struttura più fine, e si può paragonare ad essa come la visione del mondo dell'adulto si può paragonare alla visione del mondo dell'infanzia. Perciò faremo bene, se vogliamo giungere alla comprensione della rappresentazione scientifica del mondo, a occuparci dapprima della rappresentazione primitiva del mondo ingenuamente fanciullesca.

Mettiamoci, se possibile, nell'animo e nel mondo dei pensieri di un bambino. Appena il bambino comincia a pensare, procede alla formazione della sua immagine del mondo; a tale scopo egli porta la sua attenzione sulle impressioni che riceve per mezzo dei suoi organi di senso, cercando di coordinarle, e fa con ciò varie scoperte, per esempio quella che le diverse impressioni del vedere, del toccare, dell'udire sono collegate fra loro in una certa maniera regolare. Se si dà in mano al bambino un giocattolo, ad esempio un sonaglietto, si vede che con la sensazione del tatto è collegata un'espressione del volto, e se egli agita il sonaglietto dà luogo a una sensazione uditiva.

Mentre in questo caso i diversi mondi sensibili, indipendenti l'uno dall'altro, in certo qual modo si compenetrano, in altri casi il bambino scopre ciò che non gli sembra meno meraviglioso, che certe impressioni che hanno origine dal medesimo mondo sensibile e che armonizzano completamente, possono avere carattere affatto diverso. Così può avvenire che nel campo visivo del bambino si trovi una lampada rotonda, la cui figura lumi-

nosa sembri proprio la luna piena. La sensazione luminosa può essere affatto identica nei due casi. Ma il bambino si accorge presto di una grande differenza, perchè il globo luminoso egli lo può toccare, ma non così la luna, egli può girare intorno alla lampada, ma non attorno alla luna.

Che cosa pensa il bambino facendo queste scoperte ? Dapprima stupisce. Questo sentimento di stupore è l'origine e la sorgente inesausta del suo impulso alla conoscenza. Il bambino è spinto irresistibilmente a penetrare il segreto, e se, così facendo, giunge a qualsiasi concatenazione causale, non si stanca di ripetere lo stesso esperimento dieci, cento volte, per gustare di nuovo ogni volta il piacere della scoperta. In questa maniera il bambino, con lavoro giornaliero instancabile che non ho bisogno di descrivere dettagliatamente, arriva poco per volta alla formazione della sua immagine del mondo, fino al punto che gli occorre per la sua vita pratica.

Quanto più il bambino cresce, tanto più si completa la sua immagine del mondo, e tanto meno frequentemente egli ha motivo di meravigliarsi; e quando è diventato adulto e la sua immagine del mondo ha preso forma stabile, egli trova questa forma naturale e cessa di meravigliarsi. Dipende ciò dal fatto che l'adulto ha riconosciuto appieno la composizione e la necessità della struttura della sua immagine del mondo ? Nulla sarebbe più errato che crederlo. No, l'adulto ha cessato di meravigliarsi non perchè abbia risolto il meraviglioso enigma, ma perchè si è abituato alle leggi della sua immagine del mondo. Perchè proprio queste leggi e non altre esistano, è questione per lui altrettanto inspiegabile e meravigliosa come per il bambino. Chi non sa apprezzare questo stato di cose non ne afferra il profondo significato, e chi è arrivato al punto che non si meraviglia più di nulla, dimostra soltanto di aver disimparato a riflettere a fondo.

Considerando la cosa a fondo dobbiamo con piena ragione notare come primo miracolo il fatto che troviamo delle leggi naturali che valgono ugualmente per gli uomini di tutti i paesi,

popoli e razze. Questo non è un fatto ovvio, evidente; e ulteriori singoli miracoli consistono nel fatto che queste leggi in gran parte hanno un contenuto che non abbiamo mai prima sognato.

Così con la scoperta di ogni nuova legge aumenta il meraviglioso nella costruzione dell' immagine del mondo. Questo vale per l' indagine scientifica fino al giorno d'oggi, che ci reca continue novità. Si pensi ai segreti delle ultraradiazioni cosmiche o all'enigmatico frantumamento dell'atomo, o anche alle scoperte del microscopio nel campo degli elettroni. Per l' investigatore scientifico la scoperta di una nuova meraviglia è sempre un avvenimento fortunato e una nuova spinta al lavoro, proprio come pel bambino; ed egli si industria con molteplici ripetizioni dello stesso tentativo, mediante i suoi apparecchi e strumenti di misura, non diversamente di quanto faceva il bambino col suo sonaglietto.

Non vogliamo procedere innanzi senza aver prima veduto come la immagine del mondo elaborata nella mente infantile si differenzi dal mondo sensibile originariamente dato. Dobbiamo anzitutto constatare che le sensazioni originarie si sono notevolmente passate in seconda linea. La parte principale nell' immagine del mondo non spetta alle sensazioni, bensì agli oggetti che creano queste sensazioni. Il giocattolo è la cosa principale; le sensazioni di tatto, vista e udito sono fenomeni secondari. Ma non si renderebbe al fatto piena giustizia se ci si contentasse soltanto di dire che l' immagine del mondo non rappresenta altro che un insieme di sensazioni diverse sotto il concetto unitario dell'oggetto. Perchè può anche accadere il contrario, che una singola sensazione unitaria corrisponda a diversi oggetti. Un esempio di ciò è dato da quel globo luminoso di cui abbiamo parlato dianzi; l' impressione sensitiva è perfettamente determinata, ma può derivare talvolta dalla lampada, talvolta dalla luna. Qui abbiamo dunque una sensazione singola, ma prodotta da due diversi oggetti. Il contrasto è profondo e lo si può soltanto opportunamente caratterizzare introducendo il concetto delle leggi causali. Le sensazioni che derivano dagli oggetti

appartengono ai singoli individui, e cambiano dall'uno all'altro. Ma l'immagine del mondo, il mondo degli oggetti, è per tutti gli uomini il medesimo. E si può dire che il passaggio dalle sensazioni all'immagine del mondo conduce a mettere al posto di una variopinta varietà soggettiva un ordine saldamente oggettivo, al posto del caso la legge, al posto della apparenza mutevole l'essere permanente.

Perciò il mondo oggettivo, al contrario del mondo delle sensazioni, è denominato anche il mondo reale. Ma bisogna far attenzione con l'aggettivo reale. Esso va inteso qui soltanto in senso provvisorio. Poichè a questa parola si unisce l'idea di qualche cosa di permanente, invariabile, costante; mentre sarebbe davvero pretendere troppo se si volessero rappresentare come invariabili gli oggetti dell'immagine del mondo infantile. Il giocattolo può rompersi o incendiarsi, il globo luminoso può andare in frantumi e allora la sua realtà, nel senso citato, scompare. Ciò appare ovvio e banale. Ma è da osservare che nell'immagine scientifica del mondo, dove le condizioni, come vedemmo, si rassomigliano, questo stato di fatto non venne sentito come ovvio. Perchè come nei primi anni della sua vita il giocattolo era la sola realtà per il bambino, così per decadi e secoli l'atomo fu per la scienza la sola realtà nei processi della natura. Erano questi atomi che rimanevano invariati, se si rompeva o si bruciava un oggetto, rappresentando in conseguenza la parte stabile in tutti i cambiamenti dei processi naturali. Finchè un bel giorno, con grande sorpresa, si scoprì che anche l'atomo può essere frantumato. Perciò, quando in seguito parleremo del mondo reale, dobbiamo intendere il termine 'reale' in senso condizionale e adattarlo alle condizioni particolari dell'immagine del mondo che si ha al momento, tenendo sempre presente che cambiando l'immagine del mondo, nello stesso tempo avviene un cambiamento in ciò che chiamiamo 'reale'.

Ogni immagine del mondo è caratterizzata dagli elementi reali dei quali è composto. Dal mondo reale della vita pratica si è sviluppato il mondo reale della scienza esatta, cioè l'im-

magine del mondo scientifico. Ma anche questa non è definitiva, bensì cambia continuamente attraverso il lavoro di investigazione, di gradino in gradino. Uno di questi gradini costituisce quell' immagine del mondo scientifico che oggi denominiamo classico. I suoi elementi reali e i suoi segni caratteristici erano gli atomi chimici. Attualmente il progresso scientifico è intento a salire un altro gradino, maturato attraverso la teoria della relatività e dei quanti, e a crearsi una nuova immagine del mondo. Gli elementi reali di questa immagine del mondo non sono più gli atomi chimici, bensì le onde degli elettroni e dei protoni, i cui reciproci effetti vengono causati mediante la velocità della luce e mediante il quanto di effetto elementare. Partendo dal punto di vista attuale dobbiamo considerare il realismo del mondo classico come alquanto ingenuo. Ma nessuno può sapere se in avvenire non si dirà la stessa cosa della nostra attuale immagine del mondo.

***

Ma che cosa significa dunque questo continuo cambiamento in ciò che definiamo reale ? Non è esso causa di somma insoddisfazione per colui che cerca con tutte le sue forze una conoscenza scientifica definitiva ? A questo possiamo anzitutto rispondere che il fatto che soddisfi o meno non ha importanza, bensì ha importanza quel che gli è essenziale. Ma se noi cerchiamo che cos'è quest'essenziale, veniamo a fare una scoperta la quale è la più meravigliosa di ogni miracolo di cui abbiamo parlato in precedenza. Dapprima dobbiamo osservare che la successione di diverse immagini del mondo non dipende dalla moda o dall'umore degli uomini, bensì che essa obbedisce a una forza inesorabile. Essa diventa sempre un'amara necessità quando l' investigazione scopre nella natura un fatto, al quale l'attuale immagine del mondo non corrisponde. Un tale fatto, ad esempio, è la costanza della velocità della luce nel vuoto. Un altro fatto è il subentrare del quanto d'effetto elementare nel corso regolare

dei processi atomici. Questi due fatti e molti altri riuscivano inesplicabili con la visione classica del mondo. In conseguenza il quadro del mondo fu sconvolto ed una nuova immagine prese il posto di quella classica.

Ciò può essere oggetto di meraviglia. Ma ciò che è ancor più meraviglioso, perchè non è cosa ovvia, si è la circostanza che la nuova immagine del mondo non distrugge la precedente, anzi la lascia intatta, ma con la sola differenza dell'aggiunta di una certa condizione speciale, la quale da un lato significa una limitazione e dall'altro una grande semplificazione dell' immagine del mondo. Di fatto, la meccanica classica resta perfettamente adeguata per tutti i procedimenti nei quali la velocità della luce può essere considerata come infinitamente grande e il quanto d'effetto come infinitamente piccolo. Appunto questo rende possibile di collegare, generalmente parlando, la meccanica all'ottica e rispettivamente all'elettrodinamica, e inoltre di ricondurre le 92 specie di atomi dell' immagine classica del mondo a due sole specie, elettroni e protoni. Ogni corpo materiale consiste perciò di elettroni e protoni. L'unione di un elettrone e di un protone forma un neutrone oppure un atomo di idrogeno, secondo che l'elettrone sia attaccato al protone o si muova intorno a esso. La vecchia immagine del mondo resta pertanto intatta, solo ora appare come un frammento di un quadro più grande, più completo e nel contempo più raccolto. Analogamente avviene in tutti i casi, man mano che si allargano le nostre esperienze. Mentre da un lato la varietà delle sensazioni naturali in tutti i campi si dimostra sempre più ricca e variopinta, dall'altro lato l' immagine scientifica del mondo che ne deriva acquista una forma sempre più chiara e salda. Il cambiamento continuo dell' immagine del mondo non avviene pertanto disordinatamente, a zig zag, bensì secondo un progresso, un miglioramento, un perfezionamento. Ritengo che questa constatazione costituisca la maggiore conquista fondamentale dell' indagine scientifica della natura.

Qual'è dunque la direzione di questo progresso e la mèta

alla quale si dirige? La direzione è evidentemente un sempre maggiore raffinamento dell'immagine del mondo, mercè il riferimento degli elementi reali in esso contenuti ad una più alta realtà di carattere meno ingenuo. La mèta però è la creazione di una immagine del mondo i cui elementi reali non abbiano più bisogno di correzione, rappresentando quindi la realtà definitiva. Il raggiungimento di questa mèta non sarà mai possibile, ma per designarla noi denominiamo la realtà definitiva come il mondo reale in senso assolutamente metafisico. Con ciò indichiamo che questo mondo, cioè la natura stessa, sta oltre ogni ricerca; ma di fronte a esso si erge il mondo fenomenologico da noi investigato come una perpetua approssimazione di un modello più o meno ben riuscito. Dietro a ogni sensazione sta un oggetto, e così dietro a ogni realtà sperimentale sta una realtà metafisica. Alcuni filosofi non accettano questa parola « dietro ». Essi dicono: « Siccome nella scienza esatta tutte le definizioni e tutte le misure si riferiscono a sensazioni, analogamente, in ultima analisi, il contenuto di tutti i risultati scientifici si riferisce al mondo dei sensi; ed è inammissibile, o almeno superfluo, di supporre dietro questo mondo dei sensi un mondo metafisico, che si sottrae a ogni diretto esame scientifico ». A questo si può replicare che nelle frasi surriportate il termine « dietro » non è da interpretare nel senso spaziale. Invece di dire « dietro » si potrebbe ugualmente dire « dentro ». La realtà metafisica non sta spazialmente dietro, ma entro la realtà sperimentale. « La natura non è un nocciolo nè un guscio, ma l'uno e l'altro insieme ». L'essenziale è che il mondo delle sensazioni non è l'unico mondo concepibile; esiste anche un altro mondo che a noi non è direttamente accessibile, ma al quale siamo condotti non solamente dalla vita pratica, ma anche attraverso il lavoro della scienza con sforzata chiarezza. Perchè la grande meraviglia del continuato progressivo perfezionamento della visione del mondo scientifico spinge l'investigatore a indagarne la formazione definitiva. E siccome ciò che si cerca volentieri si crede che esista, così si approfondisce la persuasione dell'esi-

stenza effettiva di un mondo reale nel senso assoluto. Questa fede profonda, che non conosce ostacoli, nell'assoluta realtà della natura, è ciò che costituisce per l'investigatore la premessa fondamentale del suo lavoro, rafforzandolo nella speranza di riuscire ad avvicinarsi sempre più all'essenza della natura obbiettiva, pervenendo con ciò a scoprire sempre più i suoi misteri.

Siccome il mondo reale è in senso assoluto indipendente da ogni singola personalità, anzi da ogni intelletto umano, così ogni scoperta di un singolo individuo ha un' importanza generale. Ciò conferisce all' investigatore, che in silenziosa solitudine si occupa dei suoi problemi, la certezza che qualunque scoperta alla quale egli pervenga, troverà riconoscimento presso tutti gli scienziati del mondo; e questo sentimento dell' importanza del suo lavoro forma la sua felicità e la ricompensa di molti sacrifici affrontati nella vita quotidiana.

Riflettendo all'altezza di questa mèta tutti i dubbi derivanti dalla difficoltà di elaborazione di questa visione scientifica del mondo debbono passare necessariamente in seconda linea. Oggigiorno è molto più importante di accentuare questo fatto perchè attualmente difficoltà simili costituiscono ostacoli molto seri al progresso del lavoro scientifico, e cioè stranamente meno gli ostacoli sperimentali che quelli teoretici. Il fatto che con la sempre maggiore esattezza nelle misure anche la complicatezza degli strumenti d' indagine si accresca, è universalmente compreso e accettato. Ma il fatto che, con il sempre maggiore affinamento delle leggi, si adoperino per formularle definizioni e concetti che si allontanano dalle vecchie forme usuali ed evidenti, viene rimproverato all' investigazione teoretica come la dimostrazione del fatto che si è sopra una falsa strada.

Niente può essere più miope di una tale supposizione. Poichè, se riflettiamo che al miglioramento dell' immagine del mondo è anche connesso un ravvicinamento al mondo reale metafisico, la pretesa che le definizioni e i concetti del mondo reale obbiettivo non si debbano allontanare molto dalla immagine del mondo

classica, significherebbe pretendere che il mondo reale metafisico sia perfettamente concepibile e intelligibile mediante le concezioni, che sono tratte dall' immagine ingenua del mondo. Pretesa che non può essere soddisfatta. È impossibile riconoscere la fine struttura di un oggetto, se per principio si pretende di esaminarlo soltanto a occhio nudo. Ma a questo riguardo non v'è motivo di preoccupazione. Lo sviluppo dell' immagine scientifica del mondo procede per necessità. I fatti constatati mediante gli strumenti più raffinati esigono inesorabilmente che si rinunzi a vecchi concetti sorpassati, sostituendoli con nuove formulazioni di concetti più astratti, per i quali devono essere ancora cercate e trovate le immagini corrispondenti. Tali nozioni indicano all' investigazione teoretica la strada dal reale ingenuo a quello metafisico.

Ma per quanto sia rilevante la strada già percorsa e vicina forse ci sorrida la mèta, rimane sempre dal punto di vista della scienza esatta un abisso incolmabile tra il mondo fenomenologico e il mondo reale metafisico, e questo abisso produce una tensione continua, perenne, che nel vero investigatore si manifesta come una sorgente inestinguibile di sete di sapere. Contemporaneamente però vediamo qui il limite che la scienza esatta non può sorpassare; per quanto i suoi successi siano ampi e profondi, essa non riuscirà mai a fare l'ultimo passo nel mondo metafisico. In questo dissidio, che si manifesta nel fatto che mentre ci troviamo costretti a pensare irrimediabilmente all' ipotesi di un mondo reale in senso assoluto, siamo però incapaci di comprenderne l'essenza, sta l'elemento irrazionale che è necessariamente connaturato con la scienza esatta, e sul significato del quale non bisogna lasciarsi illudere malgrado il superbo nome di essa. Tuttavia la circostanza che la scienza si impone i propri limiti per propria conoscenza, deve apparire favorevole per rafforzare la fiducia nella sicurezza di quei risultati ai quali la scienza perviene sulla base dei suoi presupposti indiscutibili mediante i suoi severi metodi sperimentali e teorici.

Se ora gettiamo uno sguardo indietro sulle nostre prime

considerazioni e su tutto il nostro ragionamento, vedremo in una luce ancora più chiara i risultati ai quali siamo pervenuti. Abbiamo cominciato le nostre riflessioni con una rilevante delusione. Abbiamo cercato una base generale di indubitabile stabilità per la costruzione della scienza esatta, e non l'abbiamo trovata. Ora, sulla base del nostro esame, riconosciamo che non può essere diversamente. Poichè quel tentativo in fondo si riduceva a prendere come punto di partenza della investigazione scientifica qualche cosa di definitivo, reale, mentre ora sappiamo che il definitivo reale ha carattere metafisico, epperò non consente una nostra completa comprensione. Questa è la ragione principale per cui tutti i tentativi fatti finora per costruire la scienza esatta sopra una base stabile generale, assicurata a priori, dovevano andare a vuoto. Dovevamo invece contentarci di partire da un punto di vista più limitato, ma di sicura stabilità perchè riferito all'esperienza personale. Su questo modesto punto di vista poggia l' investigazione scientifica con i suoi metodi esatti, avanzando col suo lavoro sempre più in alto, passando, di gradino in gradino, dal particolare al generale. Essa ha perciò bisogno di riferirsi sempre alla realtà oggettiva, quella che essa ricerca, e in questo senso la scienza esatta non può mai prescindere dalla realtà nel senso metafisico. Ma il mondo reale metafisico non è il punto di partenza, bensì la mèta di ogni lavoro scientifico, mèta che sorge in una irraggiungibile lontananza pur indicando la direzione di marcia.

La certezza che noi ci avviciniamo alla mèta con ogni nuova scoperta e con ogni nuova conoscenza che ne deriva, deve compensarci dei numerosi inevitabili svantaggi connessi alla continua diminuzione dell'evidenza e della comodità nella utilizzazione dell' immagine del mondo. Difatti l'odierna immagine scientifica del mondo ha un aspetto singolare, bizzarro in paragone a quello dell' immagine primitiva. Le sensazioni iniziali, dalle quali il lavoro scientifico è cominciato, sono completamente sparite dall' immagine del mondo; non si parla più della vista, dell'udito, del tatto. Invece di tutto questo, gettando uno sguardo sui

laboratori di investigazione, vediamo una folla di misurazioni interminabili, complicatissime, difficili a maneggiare, inventate e costruite per l'elaborazione di problemi che possono essere formulati solo con l'aiuto di concetti astratti mediante simboli matematici e geometrici, incomprensibili al profano. Si potrebbe cadere in errore sul senso della scienza esatta, e in quest'ordine di idee è stato fatto alla scienza esatta — come abbiamo già veduto — il rimprovero che essa ha perduto con la sua evidenza originaria la sua base. Se c'è qualcuno che, malgrado tutti gli argomenti addotti, resta disperatamente attaccato a quest'opinione, non c'è niente da fare; ma tanto meno egli riuscirà, come un esperimentatore che lavori soltanto con strumenti primitivi, a far progredire la scienza esatta. Poichè per arrivare a questo risultato non sono sufficienti una geniale intuizione e una fresca intraprendenza, ma è anche necessario un lavoro minuzioso, complicato, penoso, nel quale spesso molti investigatori debbono collaborare insieme per preparare passo per passo l'ascesa della loro scienza a un gradino di sviluppo sempre più alto. Il pioniere della scienza ha bisogno della viva evidenza quando i suoi pensieri stendono i loro tentacoli, perchè le nuove idee non nascono da un intelletto calcolatore, bensì dalla fantasia artistica creatrice; ma per dare valore a una nuova idea non si calcola il grado della evidenza, che nella sua parte essenziale è questione di esercizio e di abitudine, bensì l'ambito e l'esattezza delle particolari concatenazioni di leggi, che essa porta a scoprire.

Indubbiamente a ogni progresso aumenta anche la difficoltà del compito, crescono le esigenze del lavoro dell' investigatore, e si presenta sempre più la necessità di una divisione del lavoro. Da circa un secolo sopratutto si è compiuta la divisione fra esperimento e lavoro teoretico. L'esperimentatore sta in prima linea. È esso che compie i tentativi e le misurazioni decisivi. Un tentativo si traduce nel porre una domanda alla natura, e una misurazione significa l'accettazione di una risposta data dalla natura. Ma prima di eseguire un tentativo bisogna pon-

derarlo, cioè bisogna formulare l'interrogazione da porre alla natura, e prima di adoperare una misurazione bisogna saperla interpretare, cioè bisogna saper capire la risposta che la natura ci ha dato. Di questi due compiti si occupa il teorico, obbligato in misura sempre crescente a servirsi di mezzi astrattamente matematici. Con questo non si vuol dire che l'esperimentatore non abbia bisogno di fare delle riflessioni teoriche. Il primo esempio classico di un risultato grandioso, sorto da una tale divisione del lavoro, è quello offerto dalla creazione dell'analisi spettrale per opera di Roberto Bunsen, esperimentatore, e di Gustavo Kirchhoff, teoretico; detto risultato si è poi man mano sviluppato, portando col tempo frutti sempre maggiori. Ogni volta che l'esperimento ha dato un risultato contraddittorio a quello già stabilito dalla teoria, si è verificato un nuovo progresso; perchè tale risultato ha reso necessario un cambiamento e un perfezionamento della teoria. Però la questione di stabilire su quale punto e in quale maniera si deve operare questo cambiamento presenta grandi difficoltà. Perchè più si verifica una teoria già stabilita e tanto più sensibile e contraddittoria essa si dimostra di fronte a tutti i tentativi di cambiamento. Essa rassomiglia a un organismo complesso e largamente ramificato, le cui parti s'influenzano reciprocamente e sono tra loro così collegate che un intervento in un punto ha ripercussioni in altri punti molto lontani. Pertanto un cambiamento nella teoria dà origine a nuove questioni che possono essere esaminate sperimentalmente, conducendo talvolta a conseguenze alla cui portata non si era dapprima pensato. Così è nata la teoria della relatività, così la teoria dei quanti; e così anche la costruzione del più recente ramo della fisica, l'investigazione del nucleo dell'atomo offre un esempio tipico di fertile cooperazione mediante il reciproco integrarsi di esperimento e teoria.

***

Perchè allora tutto questo enorme lavoro che occupa le migliori energie di innumerevoli investigatori per tutta la loro vita ? Il risultato ottenuto che, come abbiamo visto, ci allontana sempre più dai dati della vita, vale proprio questa preziosa posta ? Una tale questione sarebbe di fatto giustificata se il significato della scienza esatta si riducesse al compito di garantire una certa soddisfazione alla volontà di sapere dell'umanità indagatrice. Ma il vero senso della scienza esatta va ben oltre. Perchè essa, come abbiamo detto al principio delle nostre considerazioni, ha le sue radici nella vita umana. Anzi essa è connessa con la vita in duplice modo; perchè non attinge solamente dalla vita, ma si ripercuote anche sulla vita, sulla vita materiale e su quella spirituale, e ciò tanto più vigorosamente e fruttuosamente quanto p ù può svilupparsi senza ostacoli. Ciò si manifesta in maniera molto caratteristica. Dapprima la scienza, lavorando intorno alla sua immagine del mondo, si allontana, come abbiamo visto, nella ricerca del reale metafisico, in misura progressiva dai dati e dagli interessi della vita, in quanto procede per vie sempre più solitarie e sempre meno evidenti. Ma appunto su queste vie, e soltanto su di esse, si scoprono nuove concatenazioni di leggi che non sarebbe possibile scoprire in altro modo, e che quindi possono essere riportate nella vita ed essere poi utilizzate per i bisogni umani.

Questo si può osservare in innumerevoli singoli casi. Anche qui un'ampia divisione del lavoro si è dimostrata utile: il primo passo, quello della formazione dell' immagine del mondo, che conduce fuori della vita, è affare della scienza pura; il secondo passo, l'utilizzazione dell' immagine scientifica del mondo a vantaggio della pratica, è compito della tecnica. Il primo lavoro è altrettanto importante del secondo. E siccome ciascuno di essi occupa completamente un uomo, così il singolo investigatore, se vuole portare avanti l'opera sua, è obbligato a concentrare tutte le sue forze sopra un solo punto, lasciando da parte per il

momento le sue riflessioni su altri concetti e interessi. Perciò non si biasimi troppo lo studioso che è estraneo al mondo e riservato di fronte a questioni anche importanti della vita pubblica. Senza un'applicazione così unilaterale non sarebbe stato possibile a Enrico Herz di scoprire le onde senza fili, nè a Roberto Koch il bacillo della tubercolosi. Questi servigi che l' investigazione puramente scientifica rende alla vita pratica hanno il loro compenso nel multiforme impulso che la scienza riceve da parte della tecnica, che appunto oggi si esplica in modo così efficace, e la cui importanza non si può mai troppo apprezzare.

Non posso trattenermi dal parlare un po' più dettagliatamente a mo' d'esempio, di una prova impressionante degli stretti rapporti che passano fra scienza e tecnica. Le singolari trasformazioni dell'atomo hanno occupato per anni soltanto la scienza pura. Per quanto sorprendente fosse la grandezza delle energie che ne risultavano, essendo gli atomi così infinitamente piccoli non si sospettava che potessero mai avere un' importanza per la vita pratica. Un indirizzo sorprendente ha preso oggi tale questione in seguito a nuove scoperte fatte nel dominio della radioattività artificiale. Per mezzo delle ricerche di Otto Hahn e dei suoi collaboratori è stato stabilito che in seguito alla frantumazione di un atomo di uranio urtato da un neutrone, si liberano due o tre neutroni, ciascuno dei quali si muove per suo conto ed è capace di colpire da solo e frantumare un altro atomo di uranio. In questa maniera si moltiplicano gli effetti e può avvenire che per il continuo rimbalzo dei neutroni sugli atomi dell'uranio, dato il numero infinito di atomi, il numero dei neutroni messi in libertà per via dell'energia da essi sviluppata cresca a mo' di valanga, fino a divenire incommensurabile. Condizione necessaria per ottenere questo risultato è naturalmente che la massa di uranio impiegata nell'esperimento sia sufficientemente grande. Un neutrone infatti che si muove liberamente in un ambiente di ossido di uranio polverizzato incontra il nucleo di un atomo soltanto dopo un percorso di alcuni centimetri, ed è perciò necessario procurare che a tale distanza del neutrone

si trovi effettivamente l'uranio. Ciò si ottiene senza gravi difficoltà. Un'altra condizione non meno importante è che i neutroni che si muovono liberamente non vengano attratti e trattenuti da altri atomi prima di essere rimbalzati sui nuclei di uranio. Questi processi sono stati ancora poco studiati. Un calcolo speciale ha dato per risultato che in questa maniera, in meno di un centesimo di secondo, in un metro cubo di uranio si sviluppa una quantità di energia che sarebbe sufficiente per sollevare all'altezza di 27 km. un peso di un miliardo di tonnellate; quantità cioè che potrebbe sostituire per molti anni, su tutta la terra, il lavoro compiuto da tutti i grandi stabilimenti industriali.

Se oggi non si può parlare ancora di utilizzare tecnicamente un tale tempestoso processo di frantumazione degli atomi, si apre tuttavia una possibilità che va seriamente considerata; e se noi pensiamo ai progressi raggiunti nella tecnica del volo, della radio, della televisione, non distoglieremo — come da un'utopia — il pensiero dalla possibilità di utilizzare l'uranio come una macchina. Questa possibilità richiede anzitutto che tale processo non avvenga come un'esplosione, bensì che il suo sviluppo nel tempo sia frenato con l'impiego di adatti mezzi chimici, per modo che la velocità della produzione dell'energia non superi una data misura. Altrimenti potrebbe accadere che il processo si traducesse in una terribile catastrofe non soltanto per la località dove esso si svolge, ma per l'intero nostro pianeta.

In vista di tale possibilità qualcuno di noi che col tempo ha perduto la facoltà di meravigliarsi di alcunchè, sarà di nuovo capace di farlo. E in verità di fronte alla natura, infinitamente ricca, sempre rinnovantesi, l'uomo, per quanto progredito nella conoscenza scientifica, resterà sempre il bambino che stupisce, e dovrà essere sempre pronto a nuove sorprese.

Così ci troviamo sottomessi durante tutta la nostra vita a una potenza superiore, la cui essenza non potremo mai investigare dal punto di vista della scienza esatta, ma che non può essere ignorata da nessun uomo di pensiero. Per l'uomo che

riflette non vi sono qui che due modi di vedere, tra cui egli può scegliere: o paura e resistenza ostile, oppure fiducia e dedizione volonterosa. Se noi pensiamo alla somma delle sofferenze inaudite e alla continua distruzione di beni e di vite da cui gli uomini sono afflitti da tempi immemorabili, potremmo essere tentati di associarci ai filosofi del pessimismo, che negano il valore della vita, pretendendo che non si possa parlare di un durevole progresso nè di uno sviluppo superiore dell'umanità; che, al contrario, ogni civiltà una volta giunta all'apogeo rivolge il suo aculeo contro sè stessa annientandosi senza senso nè mèta.

Si può giustificare tale opinione riferendosi alla scienza esatta ? La questione non può essere risolta perchè la scienza non è in grado di dare una risposta. Dal punto di vista scientifico si potrebbe anche, e forse con maggior diritto, sostenere l'opinione opposta. Si dovrebbe solamente allargare il punto di vista calcolando non per secoli ma per molti millenni. Vi è veramente qualcuno che voglia seriamente negare che l'*Homo sapiens* negli ultimi centomila anni abbia fatto un progresso, un perfezionamento ? E perchè questo progresso non dovrebbe continuare, se non in linea retta, in linea ondulatoria ?

Certamente il singolo individuo non è soddisfatto di queste riflessioni a lunghissima scadenza, le quali non possono essergli di alcun aiuto nelle sue difficoltà, nè recargli alcuna guarigione ai suoi mali. A costui non rimane altro che una paziente perseveranza nella lotta della vita, e una silenziosa rassegnazione alla volontà della potenza superiore, che venga al di sopra di lui. Perchè a nessuno di noi è stato dato nella culla il diritto alla felicità, al successo e al benessere. Perciò noi dobbiamo accettare ogni favorevole combinazione del destino, ogni ora lietamente trascorsa come un dono immeritato, per cui dobbiamo esser grati. L'unica cosa che possiamo con sicurezza considerare come nostro vero possesso, il bene più alto che nessuna potenza del mondo può rapirci e che come nessun altro può renderci

lungamente felici, è un animo puro che trova la sua espressione nel compimento coscienzioso del nostro dovere.

E colui al quale è dato di collaborare alla costruzione della scienza esatta secondo l'esempio del maestro Galileo Galilei, troverà col nostro grande poeta tedesco la sua soddisfazione e la sua interna felicità nella coscienza di aver indagato l'indagabile venerando serenamente ciò che non è possibile indagare.

KAISER WILHELM-INSTITUT FÜR KULTURWISSENSCHAFT
IM PALAZZO ZUCCARI, ROM

ERSTE REIHE

VORTRÄGE

Heft 42

ESSEN 1943

ESSENER VERLAGSANSTALT